

Rec'd PCT/PTO 22 DEC 2004

PCT/IB 03/03034 #2
02.07.03



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

REC'D 07 AUG 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02077692.8

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 02077692.8
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 04.07.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G06T7/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

Werkwijze om een machinerepresentatie om te zetten

EPO - DG 1

04.07.2002

(105)

De uitvinding heeft betrekking op een omzetwerkwijze voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal eerste object in een machinemodel van het eerste object.

5 De uitvinding heeft ook betrekking op een compressiewerkwijze voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object in een compressiemodel van het object.

De uitvinding heeft ook betrekking op een decompressiewerkwijze voor het decomprimeren van een gecomprimeerd videosignaal naar een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object.

10 De uitvinding heeft ook betrekking op een transformatiewerkwijze voor het omzetten van een eerste cellulaire ruimte-model met een eerste aantal vertexen in een tweede cellulaire ruimte-model met een tweede aantal vertexen.

15 De uitvinding heeft ook betrekking op een computerprogramma om een omzetwerkwijze uit te voeren voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal eerste object in een machinemodel van het eerste object.

De uitvinding heeft ook betrekking op een computerprogramma om een compressiewerkwijze uit te voeren voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object in een compressiemodel van het object.

20 De uitvinding heeft ook betrekking op een computerprogramma om een decompressiewerkwijze uit te voeren voor het decomprimeren van een gecomprimeerd videosignaal naar een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object.

De uitvinding heeft ook betrekking op een apparaat om een machinerepresentatie van een N-dimensionaal eerste object om te zetten in een machinemodel van het eerste object, het apparaat bevattende:

- 25 - ophaalmiddelen voor het ophalen van de machinerepresentatie van het eerste object;
- bewerkingsmiddelen, voor het omzetten van de machinerepresentatie van het eerste object; en
- uitvoermiddelen voor het uitvoeren van het machinemodel.

De uitvinding heeft ook betrekking op een videodecompressieapparaat om een gecomprimeerd videosignaal te decomprimeren naar een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object, het videodecompressieapparaat bevattende:

- ophaalmiddelen voor het ophalen van het gecomprimeerd videosignaal;
- 5 - bewerkingsmiddelen voor het genereren van de machinerepresentatie op basis van het gecomprimeerd videosignaal; en
- uitvoermiddelen voor het uitvoeren van de machinerepresentatie.

De uitvinding heeft ook betrekking op een datarepresentatie bevattende een cellulaire ruimte voor het representeren van een gedigitaliseerd N-dimensionaal object.

10

Een uitvoeringsvorm van de werkwijze is bekend uit het boek "M. Ghanbari. Video Coding, an introduction to standard codes. The Institution of Electrical Engineers, 1999, ISBN 0 85296 762 4, pp. 46-48." .

15

In deze uitvoeringsvorm is de machinerepresentatie een gedigitaliseerde representatie van een set van tweedimensionale beelden, voorstellende opnames van driedimensionale objecten in een ruimte opgenomen door projectie in het beeldvlak van een camera, op opeenvolgende tijdstippen. De beelden bestaan uit een matrix van pixelposities waaraan grijswaarden toegekend zijn.

20

In de meeste toepassingen van de bekende werkwijze, zoals digitale televisietransmissie of opname op een DVD-schijfje, worden vaste blokken van pixels omgezet tot een machinemodel volgens een weinig adaptief stramien. Een voorbeeld van een toepassing is opname op een DVD-schijfje gebruik makende van de MPEG2 standaard, waarin het machinemodel o.a. Discrete Cosine Transform (DCT) coëfficiënten bevat, berekend voor a priori vastgelegde blokken van pixels. Een andere toepassing van het bekende systeem is een video-applicatie volgens de MPEG4 standaard, welke meer adaptiviteit toelaat. Zo kunnen in MPEG4 bijvoorbeeld 2-dimensionale objecten objectgebaseerd gecodeerd worden. De MPEG4 standaard laat tevens een in de tijd geanimeerd driedimensionaal model van een menselijk gelaat toe als compressiemodel van een menselijk gelaat in een videosequentie. Het is een nadeel van de huidige MPEG4 compressiesystemen dat er geen goede methode bestaat om automatisch voxelrepresentaties van driedimensionale objecten in een video-balk efficiënt te modelleren. Een voxelrepresentatie representeert een drie-dimensionaal object als een set van kubussen van elementaire afmeting, voxels genoemd. Een voxel kan gedefinieerd worden als een

30

driedimensionale geometrische positie waarbij een getal hoort, welk getal bijvoorbeeld een grijswaarde van een pixel in een videobeeld weergeeft. Een video-balk is een balk van voxels, gevormd door een aantal videobeelden die elkaar in de tijd opvolgen, achter mekaar te zetten.

5

Het is onder meer een eerste doel van de uitvinding om te voorzien in een omzetwerkwijze om N-dimensionale objecten met een gebruiksvriendelijk machinemodel te modelleren.

10

Het is onder meer een tweede doel van de uitvinding om te voorzien in een efficiënte compressiewerkwijze voor het comprimeren van een N-dimensionaal object.

Het is onder meer een derde doel van de uitvinding om te voorzien in een decompressiewerkwijze om een efficiënt gecomprimeerd videosignaal te decomprimeren.

15

Het is onder meer een vierde doel van de uitvinding om te voorzien in een transformatiewerkwijze om een eerste cellulaire ruimte-model te transformeren in een tweede cellulaire ruimte-model, zodat efficiënte transformaties van de bijbehorende N-dimensionale objecten kunnen gemodelleerd worden.

Het is onder meer een vijfde doel van de uitvinding om te voorzien in een computerprogramma om de omzetwerkwijze uit te voeren.

20

Het is onder meer een zesde doel van de uitvinding om te voorzien in een computerprogramma om de compressiewerkwijze uit te voeren.

Het is onder meer een zevende doel van de uitvinding om te voorzien in een computerprogramma om de decompressiewerkwijze uit te voeren.

25

Het is onder meer een achtste doel van de uitvinding om te voorzien in een apparaat om de omzetwerkwijze uit te voeren.

Het is onder meer een negende doel van de uitvinding om te voorzien in een apparaat om de decompressiewerkwijze uit te voeren.

30

Het is onder meer een tiende doel van de uitvinding om te voorzien in een makkelijk bewerkbare datarepresentatie voor het representeren van een N-dimensionaal object.

Het eerste doel is gerealiseerd doordat het omzetten in het machinemodel omvat het genereren van een cellulaire ruimte-model, met een eerste vertex [English: cell], behorende bij een eerste variëteit [English: manifold] met een hogere dimensie gelijk aan N, en een tweede vertex, behorende bij een tweede variëteit met een lagere dimensie gelijk aan

N-1 liggende op de rand van de eerste variëteit, en een verbinding [English: edge] tussen het eerste vertex en het tweede vertex, waaraan een indicator wordt toegewezen, die aangeeft of de tweede variëteit deel uitmaakt van de rand van de eerste variëteit.

Een variëteit is de wiskundige benaming van een verzameling van punten die
5 een dimensie D heeft. Een voorbeeld van een variëteit is een vlak. Een voorbeeld van een vlak in een video-balk is het vlak opgebouwd uit de projecties in opeenvolgende videobeelden, zoals opgenomen door een camera, van de bovenkant van bijvoorbeeld een vierkant object. In elk videobeeld apart vormt die projectie een lijn, en alle lijnen tezamen vormen een vlak. Vanzelfsprekend kan het vlak gevormd door de bovenkanten van een object
10 ook gekromd zijn. Behalve twee ruimtelijke dimensies behorende bij een videobeeld en de tijdsdimensie, kan in een toepassing van driedimensionale televisie ook een derde ruimtelijke dimensie aanwezig zijn. Als tevens een schaaldimensie wordt toegevoegd, dan is het aantal dimensies van N gelijk aan vijf. Bijkomende dimensies kunnen toegevoegd worden om andere parameters weer te geven, bijvoorbeeld berekend op basis van de textuur van een
15 object.

Een cellulaire ruimte is een specifieke instantie van een graaf [English: graph]. Een graaf is een wiskundig concept en bestaat uit vertexen en verbindingen. De cellulaire ruimte zal in het algemeen zo opgebouwd worden dat met iedere variëteit van het N -dimensionale object een vertex overeenkomt, beginnende bij de N -dimensionale variëteit die
20 het binnenste van het object vormt, gaande over alle lager dimensionale variëteiten op de rand van het object, tot en met variëteiten op de rand met dimensie nul, zijnde punten. Een specifieke eigenschap van een cellulaire ruimte is, dat tussen een eerste vertex behorende bij een eerste variëteit met een dimensie D , en een tweede vertex behorende bij een tweede variëteit met een lagere dimensie die één dimensie minder heeft $D-1$, een verbinding is
25 toegevoegd, indien de tweede variëteit op de rand ligt van de eerste variëteit. Alle lager-dimensionale variëteiten op de rand van een moederobject zijn dus expliciet door middel van een vertex en een verbinding in de cellulaire ruimte-model gemodelleerd. Een voorbeeld van hoe een cellulaire graaf wordt opgebouwd wordt geïllustreerd aan de hand van Fig. 3 en Fig. 4. In de omzетwerk wijze volgens de uitvinding wordt aan een verbinding een indicator
30 toegevoegd die aangeeft of de tweede variëteit met dimensie $D-1$ op de rand van een eerste variëteit met dimensie D , deel uitmaakt van het object van de eerste variëteit. Wat met deel uitmaken van bedoeld wordt, is geïllustreerd aan de hand van Fig. 2.

Er bestaan in de computer graphics techniek vele methoden om N -dimensionale objecten te modelleren. Deze zijn echter metrisch van aard. Een voorbeeld is

een octree, waarbij een driedimensionaal object in kubussen van verschillende afmetingen verdeeld wordt, totdat de kleinste kubussen het grillige buitenoppervlak met een bepaalde precisie benaderen. Andere modellen modelleren het oppervlak van een N-dimensionaal object, zoals bijvoorbeeld een triangulair net [English: mesh] of een Gaussiaans bultmodel [English: bump model]. De cellulaire ruimte is echter een topologische voorstelling van het N-dimensionaal object, welke toelaat aan te geven uit welke onderdelen het object bestaat, die dan indien nodig subsidiair gemodelleerd kunnen worden met een metrisch model.

Het is interessant als voor een machinerepresentatie van een tweede object een derde vertex, behorende bij een derde variëteit, aan de cellulaire ruimte-model toegevoegd wordt. Wanneer alle variëteiten van beide objecten in één enkele cellulaire ruimte gerepresenteerd zijn, is hun topologische relatie overzichtelijk en makkelijk te bewerken. Twee aangrenzende variëteiten, behorende bij een eerste en een tweede vertex, hebben een gemeenschappelijke grensvariëteit van lagere dimensie, behorende bij een derde vertex. De cellulaire ruimte bevat een eerste verbinding tussen het derde en het eerste vertex alsook een tweede verbinding tussen het derde en het tweede vertex, welke de randrelaties van de grensvariëteit modelleren. Aangezien de grensvariëteit in het algemeen maar deel uitmaakt van één variëteit, heeft de indicator van één van de verbindingen de waarde "maakt deel uit van" en de indicator van de andere verbinding de waarde "maakt geen deel uit van". Met behulp van de cellulaire ruimte bevattende informatie van alle objecten is het makkelijk bijvoorbeeld de temporele evolutie van een object te voorspellen of te veranderen in een computer graphics toepassing. De indicator geeft informatie over welk van de twee objecten achteraan ligt in een driedimensionale ruimte die door de camera werd omgezet in een videosequentie.

In een uitvoeringsvorm is een driedimensionale video-balk, bestaande uit tweedimensionale beelden die bij opeenvolgende tijdstippen horen en achter elkaar geplaatst zijn, gesegmenteerd in een eerste object en een tweede object, en genereert het omzetten een eerste vertex en een derde vertex, waarbij de dimensie van de eerste variëteit en de derde variëteit ten hoogste drie bedraagt.

Deze uitvoeringsvorm komt voor bij bijvoorbeeld een tweedimensionale televisie applicatie. Het voordeel van de werkwijze volgens de uitvinding is dat geometrische transformaties van objecten in de tijd gemakkelijker gemodelleerd kunnen worden met behulp van de cellulaire ruimte-model. Alle voxels in de video-balk worden aan een object toegekend, bijvoorbeeld een eerste driedimensionaal ruimtetijdobject stelt een persoon voor die wandelt en het tweede object is de omgeving van de persoon, die alle andere voxels

omvat. Wanneer een video-balk bestaat uit P plaatjes gekozen uit een video sequentie, kan de persoon bijvoorbeeld slechts voorkomen in een aantal P-K plaatjes, of alternatief kan hij ook in verdere plaatjes buiten de gekozen video-balk voorkomen. Ieder object in de video-balk wordt in dezelfde cellulaire ruimte-model gemodelleerd.

5 Het is ook interessant wanneer het omzetten aan de indicator een waarde toekent op basis van een berekening van tenminste één geometrische eigenschap, afgeleid uit waarden van de machinerepresentatie. De cellulaire ruimte-model wordt automatisch gegeneerd op basis van een levensechte videosequentie. Allerlei eigenschappen van objecten in de videosequentie kunnen opgemeten worden teneinde met één of meer van die
10 eigenschappen met een grote zekerheid de juiste waarde aan de indicator te geven.

 In een uitvoeringsvorm met een robuuste berekening van de indicator kent het omzetten aan de indicator een waarde toe op basis van een berekening van een verandering in de tijd van de oppervlakte, van een doorsnede van het eerste object met een vlak van een tweedimensionaal beeld in de video-balk op een tijdstip. Immers als een tweedimensionale
15 doorsnede van een object in een videosequentie achter een andere objectdoorsnede verschijnt of verdwijnt, verandert het aantal pixels behorende tot de doorsnede, omdat sommige pixels van het object onzichtbaar zijn.

 Het tweede doel is gerealiseerd doordat het omzetten gebruik maakt van een cellulaire ruimte-model. Behalve een cellulaire ruimte-model wordt ook een
20 compressiemodel gegenereerd. Het compressiemodel bevat metrische informatie, bijvoorbeeld over de precieze vorm van het inwendige van het eerste object. Het voordeel van de werkwijze volgens de uitvinding is dat objecten in de video-balk door middel van een driedimensionaal model gecomprimeerd worden, terwijl objecten in de prior art van MPEG4 tweedimensionaal gecomprimeerd worden, door slechts tweedimensionale doorsnedes in
25 verschillende televisiebeelden te modelleren en comprimeren. Door een driedimensionaal compressiemodel te gebruiken is de behaalde compressiefactor bij een zelfde beeldkwaliteit hoger dan bij tweedimensionale compressie. Alternatief, bij een vaste compressiefactor is de beeldkwaliteit bij driedimensionale compressie hoger dan bij tweedimensionale compressie. MPEG2 benut door zijn vast stramien van opdeling van een beeld in 16x16 pixels blokken en
30 temporele predictie van beelden, ook niet volledig het driedimensionale karakter van objecten in de video-balk. Voor een efficiënte compressie moet men expliciet rekening houden met het feit dat objecten geoccludeerd worden. Occlusie treedt op wanneer in een driedimensionale ruimte een eerste object achter een voorliggend tweede object beweegt, of wanneer het eerste object van achter het tweede object verschijnt.

Octrooischrift WO-A-00/64148 beschrijft een compressiemethode gebaseerd op het matchen van tweedimensionale segmenten. Sommige daarin beschreven technieken kunnen behulpzaam zijn bij het verkrijgen van een N-dimensionaal object uit een video-balk, noodzakelijk voor de werkwijze volgens de uitvinding. Het octrooischrift gebruikt echter niet expliciet N-dimensionale objecten, doch slechts tweedimensionale projecties hiervan.

Het derde doel is gerealiseerd doordat het decomprimeren gebruik maakt van een cellulaire ruimte-model. De expliciete codering van objecten in een cellulaire ruimte-model maakt geavanceerdere compressie en decompressie mogelijk. Tijdens het regenereren van N-dimensionale objecten wordt immers met behulp van de cellulaire ruimte-model berekend welke pixels van objecten zichtbaar zijn.

Het vierde doel is gerealiseerd doordat het eerste aantal vertexen verschillend is van het tweede aantal vertexen. Wanneer men bijvoorbeeld een eerste N-dimensionaal object wil vergelijken met een tweede N-dimensionaal object, bijvoorbeeld voor een search naar beeldmateriaal op internet, is het handig om hun bijbehorende cellulaire ruimte-modellen te vergelijken. Vooraleer vertexen en verbindingen van beide cellulaire ruimte-modellen met elkaar te associëren is het eventueel handig één van de cellulaire ruimte-modellen eerst te transformeren. Bijvoorbeeld een dak van een object voorstellende een huis is voor de cellulaire ruimte-modellen modellerende een huis zoals gespecificeerd in een query plat, en voor een tweede huis in een plaatje op internet gepunt. Men kan dan bijvoorbeeld het vertex voorstellende het platte dak hergebruiken voor de eerste schuine zijde van het gepunte dak en een extra vertex toevoegen voor de tweede schuine zijde. Gelijkaardige technieken zijn nuttig voor computer graphics toepassingen.

Het vijfde doel is gerealiseerd door het voorzien van een computerprogramma bevattende code voor de omzetwerkwijze.

Het zesde doel is gerealiseerd door het voorzien van een computerprogramma bevattende code voor de compressiewerkwijze.

Het zevende doel is gerealiseerd door het voorzien van een computerprogramma bevattende code voor de decompressiewerkwijze.

Het achtste doel is gerealiseerd doordat de bewerkingsmiddelen in staat zijn een cellulaire ruimte-model te genereren, met een eerste vertex, behorende bij een eerste variëteit met een hogere dimensie gelijk aan N, en een tweede vertex, behorende bij een tweede variëteit met een lagere dimensie gelijk aan N-1 liggende op de rand van de eerste variëteit, en een verbinding tussen het eerste vertex en het tweede vertex, en

in staat zijn aan de verbinding een indicator toe te wijzen, die aangeeft of de tweede variëteit deel uitmaakt van de eerste variëteit.

Het negende doel is gerealiseerd doordat de bewerkingsmiddelen toegang hebben tot een cellulaire ruimte-model.

5 Het tiende doel is gerealiseerd doordat aan een verbinding tussen een eerste vertex en een tweede vertex van de cellulaire ruimte, een indicator wordt toegewezen, welke indicator aangeeft of een tweede variëteit met een lagere dimensie deel uitmaakt van een eerste variëteit met een hogere dimensie, welke eerste resp. tweede variëteit gerepresenteerd wordt door het eerste resp. tweede vertex.

10

De omzetwerkwijze, de compressiewerkwijze, de decompressiewerkwijze, het apparaat, het videodecompressieapparaat en de datarepresentatie volgens de uitvinding worden hierna bij wijze van voorbeeld toegelicht aan de hand van de tekeningen. Daarin is:

15 Figuur 1 een blokschema van een omzetwerkwijze om de machinerepresentatie van een object om te zetten in het machinemodel,

 Figuur 2 een tweedimensionaal beeld van een driedimensionale scene,

 Figuur 3 een simpel tweedimensionaal object om de constructie van een cellulaire ruimte-model toe te lichten,

20 Figuur 4 de bij het object van Fig. 3 behorende cellulaire ruimte-model,

 Figuur 5 twee in elkaar grijpende ringvormige objecten,

 Figuur 6 een gesimplificeerde voorstelling van de cellulaire ruimte-model behorende bij de ringvormige objecten van Fig. 5,

 Figuur 7 een video-balk met twee objecten,

25 Figuur 8 een blokschema van een decompressiewerkwijze,

 Figuur 9 een apparaat om een cellulaire ruimte-model van een N-dimensionaal object te creëren,

 Figuur 10 een videodecompressieapparaat,

 Figuur 11 een T-junctie van twee randen van drie objecten,

30 Figuur 12 een symbolische voorstelling van elkaar in de tijd opvolgende beelden, en

 Figuur 13 een driedimensionaal ruimtetijdobject behorende bij de cirkel van

Fig. 12.

In de navolgende Figuren zijn delen die met delen van reeds beschreven Figuren overeenkomen met hetzelfde verwijzingscijfer aangeduid. De verwijzingscijfers van overeenkomstige delen van een object en de bijbehorende cellulaire ruimte-model verschillen slechts in het honderdtal. Gestippeld getekende delen zijn optioneel aanwezig. De werkwijzen en apparaten worden beschreven voor drie- of tweedimensionale objecten, teneinde de ideeën duidelijker over te brengen. De beschreven stappen kunnen op een voor de hand liggende manier wiskundig geformuleerd worden voor hogere dimensies.

De tweede stap van de omzetwerkwijze in Fig. 1 bestaat uit het ophalen 1 van de machinerepresentatie, bijvoorbeeld een voxelrepresentatie van een N-dimensionaal object. Het is mogelijk dat voor de ophaalstap een segmentatiestap 3 uitgevoerd wordt, waarbij het object gesegmenteerd wordt uit een video-balk. Segmentatie is de toekenning van elk pixel in de video-balk aan slechts één object. Algoritmen voor segmentatie van een driedimensionale video-balk zijn op simpele manier af te leiden uit in de literatuur beschreven algoritmen voor tweedimensionale beeldsegmentatie. Een mogelijk algoritme kent kubussen van bijvoorbeeld 8x8x8 voxels toe aan een zelfde segment, wanneer een criterium aangeeft dat ze gelijkaardig zijn wat betreft een gekozen eigenschap. Een voorbeeld van een eigenschap is de grijswaarde behorende bij een voxel. Een voorbeeld van een criterium is het absoluut verschil G van de histogrammen behorende bij twee kubussen van voxels:

$$G = \sum_{i=1}^M |C_i^{K1} - C_i^{K2}| / 2V \quad [1]$$

In formule [1] is i de index van een histogram klasse [English: bin], waarbij alle in een video-balk grijswaarden in M klassen worden ingedeeld. C is het aantal grijswaarden behorende tot een klasse i in de kubus K1 resp. K2. Het volume V van een kubus dient als normalisatieconstante. Als het verschil G klein is, behoren volgens het segmentatiealgoritme beide kubussen tot een zelfde segment. Verschillende criteria zijn beschreven in de vakliteratuur, welke elk gebruik kunnen maken van verschillende eigenschappen, zoals voxelgrijswaarde, voxelkleur, textuurmaten zoals waarden bekomen door Gaborfiltering of waarden uit een co-occurrencematrix, enz. Tevens bestaan er in de vakliteratuur verschillende segmentatiealgoritmes, welke bijvoorbeeld kleine segmenten groeperen tot grotere, of omgekeerd grotere segmenten opsplitsen tot kleinere.

Het object kan reeds gemodelleerd zijn volgens een bepaald model, bijvoorbeeld een octree. Dan kan indien gewenst tijdens de ophaalstap een omzetting

gebeuren van het octreemodel naar een voxelrepresentatie. Alternatief kan de generatie van de cellulaire ruimte-model gebeuren op basis van bijvoorbeeld een triangulaire netrepresentatie.

5 Tijdens de generatiestap 5 van Fig. 1 wordt uit de voxelrepresentatie een cellulaire ruimte opgebouwd. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van Fig. 3 en 4.

Fig. 3 toont een eenvoudige tweedimensionale figuur 510, bestaande uit een vlak 511, begrensd door een eendimensionale cirkelvormige rand 513 en drie rechte randen 514, 515 en 516. Een rechte rand is begrensd door twee punten, bijvoorbeeld de eerste rechte rand 514 door het eerste punt 520 en het tweede punt 521.

10 Fig. 4 toont schematisch de bij de figuur van Fig. 3 horende cellulaire ruimte-model 609. Er is één vertex 611 met celdimensie twee, horende bij het vlak 511. Voor alle randvariëteiten op de rand van het vlak 511, waarvan de dimensie één lager is dan twee wordt aan de cellulaire ruimte-model 609 een verbinding toegevoegd tussen vertex 611 en het vertex corresponderende met de randvariëteit, bijvoorbeeld de verbinding 612 tussen vertex
15 611 en vertex 613, behorende bij de cirkelvormige rand 513. Er wordt geen verbinding toegevoegd tussen vertexen die behoren bij variëteiten die qua dimensie meer dan één verschillen, bijvoorbeeld tussen vertex 611 en vertex 620, behorende bij het eerste punt 520. Aan alle verbindingen wordt tevens een indicator toegekend, waarvan voor de duidelijkheid van de Figuur slechts indicator 625 getekend is. Deze geeft aan of de cirkelvormige rand 513
20 deel uitmaakt van het vlak 511 of met andere woorden van de tweedimensionale figuur 510, in welk geval bijvoorbeeld de waarde één wordt toegekend aan de indicator. Indien de cirkelvormige rand 513 geen deel uitmaakt van het vlak 511, wordt aan de indicator bijvoorbeeld de waarde nul toegekend.

25 Figuur 2 illustreert wat bedoeld wordt met “deel uitmaken van”, en toont een tweedimensionaal plaatje van een driedimensionale scene in een ruimte, bijvoorbeeld zoals opgenomen door een camera of schematisch getekend in een computertekenprogramma. Object 13 ligt in de ruimte voor object 15. Het vlak 16 van object 15 wordt begrensd door vier rechte randen, waaronder een eerste rechte rand 17 en een tweede rechte rand 18. Om de juiste waarde te geven aan de indicator behorende bij de verbinding tussen het vertex
30 behorende bij het vlak 16 en het vertex behorende bij de eerste rechte rand 17, dient de vraag gesteld te worden of de eerste rechte rand 17 deel uitmaakt van vlak 16 of equivalent, deel uitmaakt van object 15. Wanneer dit object bijvoorbeeld een deuropening voorstelt in een muur, dan behoort de eerste rechte rand 17 tot de deuropening. Een criterium hiervoor is bijvoorbeeld, dat wanneer de deuropening in opeenvolgende videobeelden beweegt,

bijvoorbeeld bij opname door een pannende [English: panning] camera, de eerste rechte rand 17 meebeweegt met de deuropening. Bijvoorbeeld een fit van een rechte, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een Hough transform, op punten van de rand 17 gevonden door middel van een edge detector, bijvoorbeeld een Canny edge detector, beweegt met dezelfde snelheid en richting met de textuur van de deuropening, bijvoorbeeld een segment van pixels boven een bepaalde grijswaarde. Indien een deur genoeg textuurinformatie bevat, dan kan een motion estimator toegepast worden om de beweging van de deur te bepalen, zoals bijvoorbeeld degene die beschreven is in octrooischrift WO-A-0188852. De tweede rechte rand 18 begrenst eveneens het vlak 16. Veronderstellen we nu dat de tweede rechte rand 18 de bovenrand vormt van object 13, en dat de echte rand van object 15 bijvoorbeeld achter object 13 verscholen is. De tweede rechte rand 18 zal dan meebewegen met object 13, bijvoorbeeld naar links, wanneer bijvoorbeeld object 13 een persoon is die naar links wandelt, en niet met object 15, dat bijvoorbeeld naar rechts beweegt, bijvoorbeeld onder invloed van de camerabeweging. De tweede rechte rand 18 begrenst dus wel vlak 16, maar maakt geen deel uit van vlak 16, doch wel van object 13. Verschillende heuristieken kunnen gebruikt worden om door oclusie-analyse uit te maken bij welk object een randvariëteit behoort. Een eerste heuristiek stelt bijvoorbeeld: als de doorsnede van een eerste object in opeenvolgende beelden af- of toeneemt, terwijl de doorsnede van een tweede aangrenzend object constant blijft, dan bedekt het tweede object het eerste, en maken de randvariëteiten deel uit van het tweede object.

Een tweede heuristiek wordt geïllustreerd aan de hand van Fig. 11. Bij een T-junctie van rand 301 en rand 303, ligt het object 305 dat behoort bij de doorlopende rand 301, voor de objecten 307 en 309, en maakt rand 301 deel uit van object 305.

Een derde heuristiek analyseert met welke aangrenzende textuur een rand beweegt. Dit kan gebeuren door middel van motion estimatie. Eerst kan een textuuranalyse uitgevoerd worden, bijvoorbeeld door berekening van Laws parameters, of een wavelet of fractale analyse van de textuur of een analyse van textuureenheden. Het is verder mogelijk om segmenten met gelijkaardige textuur te isoleren uit de beelden en daarop een segmentgebaseerde motion estimator toe te passen.

Indien een tweede object aanwezig is, bijvoorbeeld in de video-balk 201 van Fig. 7 het tweede object 204 tezamen met het eerste object 203, worden in de cellulaire ruimte-model ook vertexen toegevoegd voor het tweede object. Bijvoorbeeld in Fig. 6 is voor het inwendige 25 van een eerste ring 21 en het inwendige 27 van een tweede ring 23 uit Fig. 5 een vertex, 125 resp. 127, toegevoegd. In Fig. 6 hoort bij gestippeld getekende lijnen een

indicator welke de waarde heeft betekende “geen deel van”. Om Fig. 6 overzichtelijk te houden zijn slechts van twee punten de bijbehorende vertexen getekend.

Het is interessant wanneer niet alleen een cellulaire ruimte-model 223 van de voxelrepresentatie gegenereerd wordt, de generatiestap 5 in Fig. 1, maar tevens een metrisch model 222 gegenereerd wordt, de modellisatiestap 6. Bijvoorbeeld de tweedimensionale omhullende van een driedimensionaal object kan metrisch gemodelleerd worden door middel van een triangulair maasmodel [English: mesh model] of een ander model bekend uit de computer graphics techniek. Het is interessant om metrische algoritmen ook te gebruiken voor de generatie van randvariëteiten. Om het tweedimensionale randoppervlak van een object te bepalen kan men bijvoorbeeld eerst het barycentrum van het object berekenen, en vervolgens op een radiële straal vanuit het barycentrum een punt behorende tot het object welk op de grootste afstand ligt van het barycentrum, als randpunt beschouwen. Andere algoritmen voor het identificeren van de variëteiten zijn bekend in het vakgebied van de constructive solid geometry. Men kan het kromme tweedimensionale randoppervlak van het object, bekomen als de verzameling van alle randpunten, bijvoorbeeld modelleren met uitsluitend vlakke [Eng: flat not plane] variëteiten, welke berekend worden door een match met het tweedimensionale randoppervlak, waarbij een punt van de vlakke variëteit nooit verder verwijderd is van een punt van het tweedimensionale randoppervlak dan een vooraf bepaalde afstand. Een ander voorbeeld wordt gegeven aan de hand van Fig. 3. Het ligt voor de hand om een recht deel van een rand slechts met één rechte rand, bijvoorbeeld 516, te beschrijven, doch men kan de rechte rand 516 ook opdelen in twee kleinere rechte randen, welke dan bij twee vertexen in de cellulaire ruimte 609 horen. Verder dient er ook nog een textuurfunctie aan het metrische model toegekend te worden. Een mogelijkheid is alle voxels van een variëteit een zelfde kleur te geven. Een andere mogelijkheid is bijvoorbeeld een polynomiaal textuurmodel toe te voegen aan een driehoek in een triangulaire maasrepresentatie. De parameters van de polynoom worden dan toegevoegd aan het compressiemodel. Met het compressiemodel en de cellulaire ruimte heeft men alle informatie om het object efficiënt te reconstrueren.

Tijdens de uitvoerstap 7 wordt de cellulaire ruimte-model en indien van toepassing het metrisch model 222 uitgevoerd, bijvoorbeeld naar een geheugen 219, of over een dataverbinding. Het is interessant als de data van het metrische model en de cellulaire ruimte gebruikt worden om een compressiemodel 228 te genereren, bij voorkeur een objectgebaseerd compressiemodel. Zo kan bijvoorbeeld een driedimensionaal waveletmodel van de objecten gebruikt worden als compressiemodel, waarbij tevens uit de compressie

techniek bekende technieken toegepast kunnen worden, zoals bijvoorbeeld quantisatie van wavelet coëfficiënten rekening houdend met de karakteristieken van menselijke visie en bijvoorbeeld Huffman coding.

Het voordeel van het gebruik van een cellulaire ruimte-model is dat men efficiënter kan comprimeren en decomprimeren dan met alleen een metrisch model. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van Fig. 12 en 13. In video sequenties is het gebruikelijk dat twee objecten elkaar occluderen. Het vierkant 713 blijft op dezelfde positie in zowel het eerste 701, tweede 703 als derde beeld 705. De cirkel beweegt echter achter het vierkant en gaat in het derde beeld zelfs buiten het beeldframe. Fig. 13 representeert de beweging van de cirkel in de verschillende beelden als een driedimensionaal object 730. Omdat er in sommige beelden stukken van de cirkel geoccludeerd i.e. onzichtbaar zijn, is de vorm van het driedimensionaal object 730 grillig. Bijvoorbeeld de doorsnede 725, corresponderend met de derde positie 714 van de cirkel, is niet-cirkelvormig, omdat een deel van de cirkel buiten beeld valt. Echter in de driedimensionale ruimte waarin de beweging heeft plaatsgevonden, is de cirkel altijd cirkelvormig gebleven. Het is dus mogelijk om een cilindervormig model te gebruiken voor de cirkel, indien men ook de occlusie kan modelleren. Dit gebeurt in onze werkwijze door middel van de indicators in de cellulaire ruimte-model. Tijdens de decompressie, wanneer de beelden van de video-balk dienen gegenereerd te worden uit het compressiemodel, zal rekening gehouden worden met de occlusie. Bijvoorbeeld bij de regeneratie van de beelden wordt alles wat buiten beeld valt geclipd. De rand is een speciaal geval van een occluderend object. De regeneratie van beelden wordt verder uitgewerkt in de beschrijving van Fig. 8. De verandering van objecten in tweedimensionale plaatjes kan bestaan uit translaties, rotaties en zooms, waarbij simpele driedimensionale objecten behoren. Complexere transformaties modelleren niet-lineaire warps.

Indien bijvoorbeeld een voetbal door een beeld rolt, kan de textuurmodellisatie naar keuze ofwel een roterende textuurfunctie van de voetbal modelleren ofwel een statische die lineair transleert, waarbij aan de ontvangstzijde de bal als schuivend in plaats van rollend zal worden waargenomen. Indien de textuurfunctie verandert in de tijd, bijvoorbeeld door belichtingsveranderingen, is een eerste optie gebruik te maken van zeer korte driedimensionale objecten, die slechts een klein deel van het traject van een object modelleren, bijvoorbeeld over vier beelden. Een alternatieve optie is het gebruik van tijdsvariante textuurfuncties, bijvoorbeeld een polynomiale verandering van de grijswaarde van een pixel in een referentieassenstelsel gekoppeld met het object.

Compressie is belangrijk voor vele toepassingen. Onder de noemer transport van data vallen als compressietoepassingen bijvoorbeeld internet video, third and fourth generation mobile communications, video on demand over DSL (Digital Subscriber Line) en digitale televisie. Onder de noemer opslag vallen bijvoorbeeld hoge capaciteit

5 informatiedragers zoals bijvoorbeeld HDTV op digitale schijfjes zoals een DVD, professional video servers, personal video recorders gebaseerd op een harddisk waar bijvoorbeeld veel programma's worden opgenomen, maar met lage kwaliteit, en proprietary compression in allerlei systemen. Bij de lage capaciteit opslag zijn o.m. interessant dragers zoals video CD, kleine schijfjes en solid state geheugens. Video signalen kunnen afkomstig

10 zijn van allerlei bronnen zich uitstrekkende van satelliettelevisie tot internet video. De werkwijze kan toegepast worden zowel aan de kant van een provider, bijvoorbeeld een televisiestudio, als bij een intermediair, bijvoorbeeld een kabelnetwerkexploitant, als in de huiskamer.

Meer dimensies dan drie kunnen bekomen worden door bijvoorbeeld voor elk

15 plaatje een zgn. scale space te construeren. Men kan bijvoorbeeld het plaatje filteren met Gaussiaanse filters, waarbij men de standaard deviatie σ van het filter continu laat toenemen. De standaard deviatie vormt dan een extra dimensie. Zoals men een video-balk kan vormen door plaatjes achter mekaar in de tijd kan zetten zoals in Fig. 7, kan men ook de gefilterde plaatjes, zogenaamde plaatjes op verschillende schaal, achter mekaar zetten.

20 Een andere toepassing van het cellulaire ruimte-model is computer vision. Bijvoorbeeld wanneer een robot een bewegingstraject in een driedimensionale ruimte moet plannen aan de hand van beelden opgenomen met een camera, kan hij gebruik maken van de cellulaire ruimte-model om uit te maken welke variëteiten in de beelden bij elkaar horen, en aldus kan hij beter uitrekenen wat de driedimensionale structuur en plaatsing is van objecten

25 in de driedimensionale ruimte. Een andere toepassing is het recreëren van een scene vanuit een ander viewpoint, zoals bij driedimensionale televisie of video on demand. Verder is de cellulaire ruimte-model ook interessant bij de creatie van special effects. Een andere toepassing is de structurele decompositie van beelden op bijvoorbeeld het internet. Wanneer gezocht moet worden naar beelden die bepaalde objecten bevatten, kunnen deze objecten

30 beschreven worden met een cellulaire ruimte-model. Een cellulaire ruimte-model wordt bijvoorbeeld gegenereerd zowel voor een schets van het gezochte object gemaakt door een gebruiker van bijvoorbeeld een beeldzoekprogramma, als voor beelden in een database op internet. Ook in medische beeldverwerkingstoepassingen is het gebruik van een cellulaire ruimte-model interessant.

Figuur 8 beschrijft een blokschema van de decompressiewerkwijze om een gecomprimeerd videosignaal te decomprimeren. Het gecomprimeerd signaal wordt allereerst opgehaald 101, bijvoorbeeld binnenkomend via een televisiedistributiekabel of vanaf een personal video recorder. Indien nodig worden transformaties uitgevoerd om tot een
5 handelbaar metrisch model te komen. Zo kan een deel van de informatie in het compressiemodel bijvoorbeeld differentieel opgeslagen zijn, in welk geval eerst de absolute waarden van modelparameters dienen berekend te worden en opgeslagen in het metrisch model. In een voorkeursuitvoeringsvorm is de cellulaire ruimte-model meegeleverd in het compressiemodel, alhoewel in een andere uitvoeringsvorm de cellulaire ruimte-model
10 berekend wordt aan de ontvangstzijde.

Vervolgens wordt gebruik makende van het metrisch model en de cellulaire ruimte-model een machinerepresentatie, bijvoorbeeld een gegenereerd 103. In een eerste uitvoering kan een driedimensionale video-balk bestaande uit P plaatjes rechtstreeks gegenereerd worden. Bijvoorbeeld wordt eerst de rand van de driedimensionale objecten
15 gegenereerd en daarna het inwendige door middel van bijvoorbeeld een textuurmodel. Alternatief kan in een tweede uitvoering elk van de plaatjes afzonderlijk gegenereerd worden. We illustreren de tweede uitvoering aan de hand van Fig. 12 en Fig. 5.

Tijdens het genereren van bijvoorbeeld het tweede beeld 703 worden eerst de randen van zowel de cirkel 712 en het vierkant 713 berekend door bijvoorbeeld projectie van
20 hun bijhorende driedimensionaal object op het vlak van het tweede beeld 703. Vervolgens dienen de respectievelijke textuurfuncties toegepast te worden om de pixels van de cirkel en het vierkant in te kleuren. Er moet berekend worden of de cirkel of het vierkant vooraan ligt. Omdat de randvariëteiten deel uitmaken van het vierkant, ligt het vierkant vooraan. Daaruit volgt dat de textuurfunctie van de cirkel in zijn tweede positie 712 eerst getekend moet
25 worden en overgeschreven door de textuurfunctie van het vierkant 713.

Fig. 5 bevat een moeilijker geval van eerste ring 21 en een tweede ring 23, die in de ruimte met mekaar verbonden zijn. Met een projectie-algoritme genereren we de eendimensionale randen van de ringen zoals bijvoorbeeld rand 29 en rand 31. Vervolgens dient de textuurfunctie toegepast te worden om de pixels van de ringen in te kleuren. We
30 gebruiken hiervoor bijvoorbeeld het painters algoritme. Dit kent aan alle pixels binnen de rand van een object de juiste waarde toe. Een gekozen algoritme tekent eerst de pixels van de eerste ring 21, en daarna de pixels van de tweede ring 23. In het gebied tussen snijding 55 en delimiter 56 zijn indien het gekozen algoritme gebruikt wordt de pixels van de eerste ring 21 onterecht overschreven door pixels van de tweede ring. Ook als een ander gekozen algoritme

eerst de tweede ring tekent, zijn er pixels die fout zijn. Dit komt omdat noch de eerste 21
noch de tweede ring 23 overal vooraan ligt. Dit probleem kan opgelost worden door een
cycle detection algoritme op de cellulaire ruimte-model toe te passen. Als een cycle
gedetecteerd wordt, dan moet een extra randvariëteit toegevoegd worden, een zogenaamde
5 snijding, bijvoorbeeld snijding 55. Het stuk van de eerste ring 21 tussen snijding 55 en rand
51 zal dan in een derde tekenfase over de tweede ring getekend worden. Door gebruik te
maken van een algoritme dat snijdingen invoert en extra tekenfases uitvoert hebben wel alle
pixels een correcte waarde.

Tijdens de uitvoerstap 105 wordt de video-balk bijvoorbeeld weggeschreven
10 in een geheugen 271 of worden de opeenvolgende beelden bijvoorbeeld verzonden naar een
beeldweergave-eenheid.

Fig. 9 toont een apparaat 211 om een machinerepresentatie, bijvoorbeeld een
voxelrepresentatie 221, van een N-dimensionaal eerste object 203 om te zetten in een
machinemodel van het object 203. Daartoe bevat het apparaat 211 ophaalmiddelen 215,
15 bijvoorbeeld een dataverbinding, voor het ophalen van de voxelrepresentatie 221 van het
eerste object 203. De voxelrepresentatie 221 zit in een voorkeursuitvoeringsvorm in een
geheugen 219. Verder bevat het apparaat 211 bewerkingsmiddelen 213, voor het genereren
van het machinemodel op basis van de voxelrepresentatie 221. De bewerkingsmiddelen 213
zijn in een voorkeursuitvoeringsvorm een processor. De uitvoermiddelen 217 voor het
20 uitvoeren van het machinemodel zijn bijvoorbeeld een dataverbinding met het geheugen 219,
waarin de cellulaire ruimte-model 223 en een metrisch model 222 weggeschreven worden.
Het is interessant wanneer het apparaat 211 opgenomen is in een videoprocessingapparaat
241. In een uitvoeringsvorm heeft het videoprocessingapparaat 241 heeft een ingang 233
voor een binnengekomen videosignaal 229 en een conditioneringseenheid 225, welke het
25 binnengekomen videosignaal kan bewerken, bijvoorbeeld omzetten van een PAL-sig-
naal naar een video-balk. Verder is in de uitvoeringvorm een uitgang 235 voor een uitgaand
videosignaal 231 aanwezig, welk videosignaal gevormd is door een
uitgangsbewerkingseenheid 227. Het is onder meer interessant wanneer de
uitgangsbewerkingseenheid 227 een compressiemodel 228 genereert.

30 Fig. 10 toont een videodecompressieapparaat 251 om een gecomprimeerd
videosignaal 261, bevattende een compressiemodel, te decomprimeren naar een
machinerepresentatie 262, bijvoorbeeld een driedimensionale video-balk 201. Het
videodecompressieapparaat 251 bevat een ingang 255 voor een gecomprimeerd videosignaal
261 en een uitgang 257 voor het uitvoeren van een gedecomprimeerd videosignaal 263,

bijvoorbeeld een video-balk 201. Optioneel is een uitgangsbewerkingseenheid 265 aanwezig om bijvoorbeeld de video-balk om te zetten naar een PAL of NTSC-signaal. De bewerkingseenheid 253 voor het genereren van de machinerepresentatie 262 is in een voorkeursuitvoeringsvorm van het videodecompressieapparaat 251 verbonden met een
5 geheugen 271, waarin een cellulaire ruimte-model 273 is opgeslagen.

CONCLUSIES:

EPO - DG 1
05.07.2002
(105)

1. Omzetwerkwijze voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal eerste object in een machinemodel van het eerste object, met het kenmerk, dat het omzetten in het machinemodel omvat het genereren van een cellulaire ruimte-model, met een eerste vertex [English: cell], behorende bij een eerste variëteit [English: manifold] met een dimensie gelijk aan N, en een tweede vertex, behorende bij een tweede variëteit met een lagere dimensie gelijk aan N-1 liggende op de rand van de eerste variëteit, en een verbinding [English: edge] tussen het eerste vertex en het tweede vertex, waaraan een indicator wordt toegewezen, die aangeeft of de tweede variëteit deel uitmaakt van de rand van de eerste variëteit.
2. Omzetwerkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat voor een machinerepresentatie van een tweede object een derde vertex, behorende bij een derde variëteit, aan de cellulaire ruimte-model toegevoegd wordt.
3. Omzetwerkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk dat een driedimensionale video-balk [English: video cube], bestaande uit tweedimensionale beelden die bij opeenvolgende tijdstippen horen en achter elkaar geplaatst zijn, is gesegmenteerd in een eerste object en een tweede object, en dat het omzetten een eerste vertex en een derde vertex genereert, waarbij de dimensie van de eerste variëteit en de derde variëteit ten hoogste drie bedraagt.
4. Omzetwerkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het omzetten aan de indicator een waarde toekent op basis van een berekening van tenminste één geometrische eigenschap, afgeleid uit waarden van de machinerepresentatie.
5. Omzetwerkwijze volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat het omzetten aan de indicator een waarde toekent op basis van een berekening van een verandering in de tijd van de oppervlakte, van een doorsnede van het eerste object met een vlak van een tweedimensionaal beeld in de video-balk op een tijdstip.

6. Compressiewerkwijze voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object in een compressiemodel van het object, met het kenmerk, dat het omzetten gebruik maakt van een cellulaire ruimte-model.
- 5
7. Decompressiewerkwijze voor het decomprimeren van een gecomprimeerd videosignaal naar een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object, met het kenmerk, dat het decomprimeren gebruik maakt van een cellulaire ruimte-model.
- 10
8. Transformatiewerkwijze voor het omzetten van een eerste cellulaire ruimte-model met een eerste aantal vertexen in een tweede cellulaire ruimte-model met een tweede aantal vertexen, met het kenmerk, dat het eerste aantal vertexen verschillend is van het tweede aantal vertexen.
- 15
9. Computerprogramma om een werkwijze uit te voeren voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal eerste object in een machinemodel van het eerste object, met het kenmerk, dat het omzetten in het machinemodel omvat het genereren van een cellulaire ruimte-model, met een eerste vertex, behorende bij een eerste variëteit [English: manifold] met een dimensie gelijk aan N zijnde het inwendige van het eerste object,
- 20
- en een tweede vertex, behorende bij een tweede variëteit met een lagere dimensie gelijk aan N-1 liggende op de rand van de eerste variëteit, en een verbinding tussen het eerste vertex en het tweede vertex, waaraan een indicator wordt toegewezen, die aangeeft of de tweede variëteit deel uitmaakt van de rand van de eerste variëteit.
- 25
10. Computerprogramma om een compressiewerkwijze uit te voeren voor het omzetten van een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object in een compressiemodel van het object, met het kenmerk, dat het omzetten gebruik maakt van een cellulaire ruimte-model.
- 30
11. Computerprogramma om een decompressiewerkwijze uit te voeren voor het decomprimeren van een gecomprimeerd videosignaal naar een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object, met het kenmerk, dat het decomprimeren gebruik maakt van een cellulaire ruimte-model.

12. Apparaat om een machinerepresentatie van een N-dimensionaal eerste object om te zetten in een machinemodel van het eerste object, het apparaat bevattende:

- ophaalmiddelen voor het ophalen van de machinerepresentatie van het eerste object;
- 5 - bewerkingsmiddelen, voor het omzetten van de machinerepresentatie van het eerste object; en
- uitvoermiddelen voor het uitvoeren van het machinemodel, met het kenmerk, dat de bewerkingsmiddelen
- in staat zijn een cellulaire ruimte-model te genereren, met een eerste vertex,
- 10 behorende bij een eerste variëteit met een dimensie gelijk aan N, en een tweede vertex, behorende bij een tweede variëteit met een lagere dimensie gelijk aan N-1 liggende op de rand van de eerste variëteit, en een verbinding tussen het eerste vertex en het tweede vertex, en
- in staat zijn aan de verbinding een indicator toe te wijzen, die aangeeft of de
- 15 tweede variëteit deel uitmaakt van de rand van de eerste variëteit.

13. Videodecompressieapparaat om een gecomprimeerd videosignaal te decomprimeren naar een machinerepresentatie van een N-dimensionaal object, het videodecompressieapparaat bevattende:

- 20 - ophaalmiddelen voor het ophalen van het gecomprimeerd videosignaal;
- bewerkingsmiddelen voor het genereren van de machinerepresentatie op basis van het gecomprimeerd videosignaal; en
- uitvoermiddelen voor het uitvoeren van de machinerepresentatie, met het kenmerk, dat de bewerkingsmiddelen toegang hebben tot een cellulaire ruimte-
- 25 model.

14. Datarepresentatie bevattende een cellulaire ruimte voor het representeren van een gedigitaliseerd N-dimensionaal object, met het kenmerk, dat aan een verbinding tussen een eerste vertex en een tweede vertex van de cellulaire ruimte, een indicator wordt

30 toegewezen, welke indicator aangeeft of een tweede variëteit met een lagere dimensie deel uitmaakt van een eerste variëteit met een hogere dimensie, welke eerste resp. tweede variëteit gerepresenteerd wordt door het eerste resp. tweede vertex.

ABSTRACT:

Method for transforming a voxel representation of an N-dimensional object into a computer model containing a cellular space, which is a specific form of graph. An indicator attached to each edge of the cellular space indicates whether a border belongs to an object. This is useful for three-dimensional compression of video sequences and for

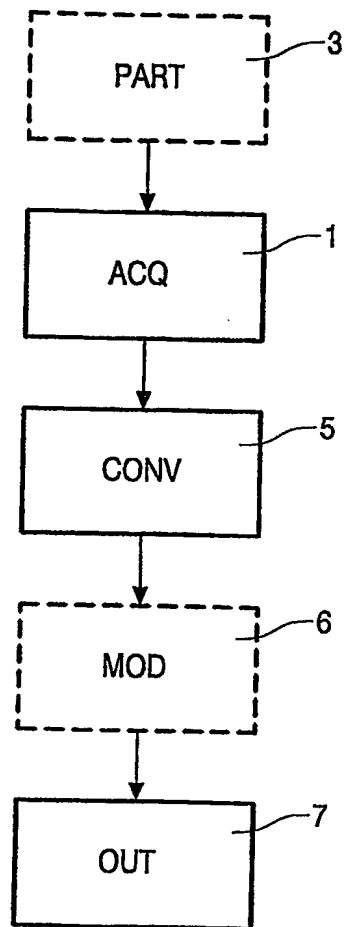
5 Internet video sequence search.

Fig. 4.

EPO - DG ;
04.07.2002

(105)

1/8



04.07.2002
DG 1
(10F)

FIG. 1

2/8

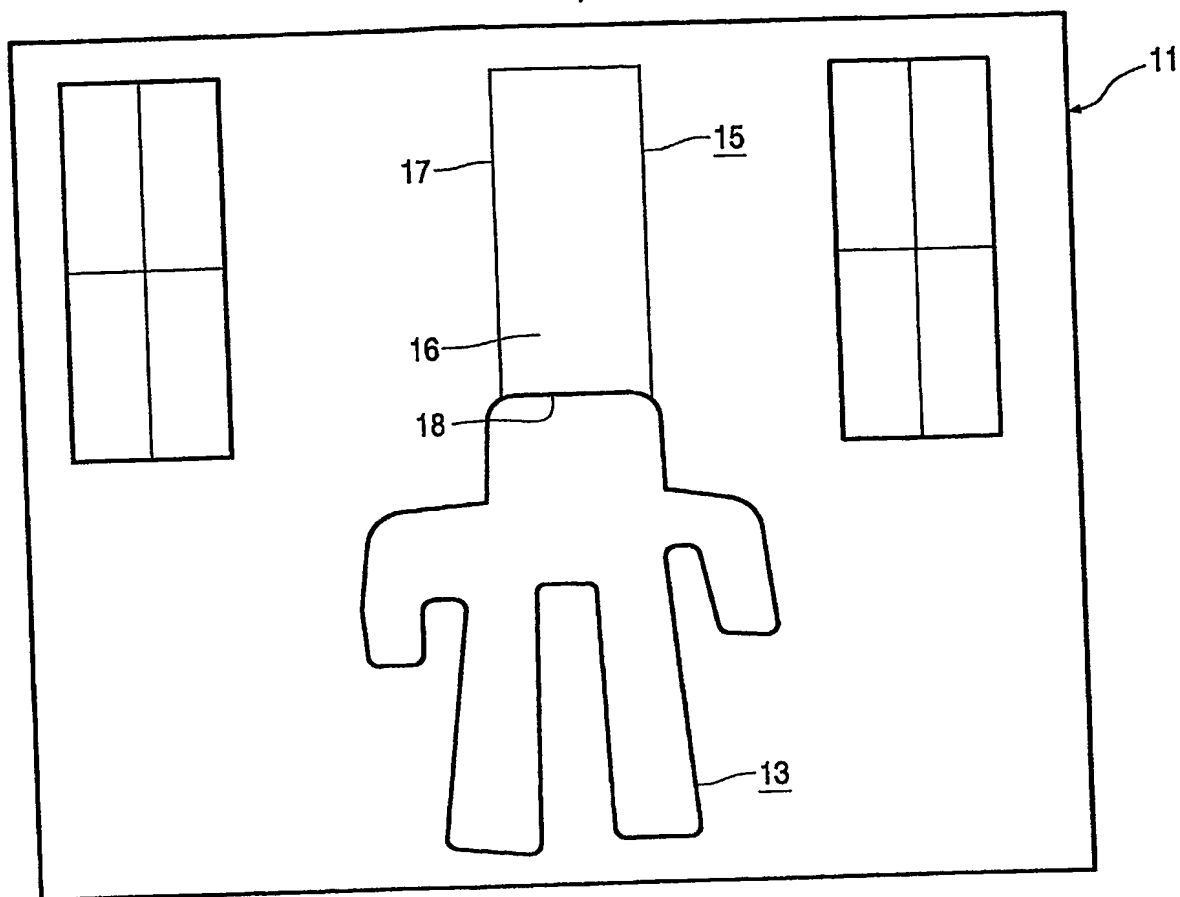


FIG. 2

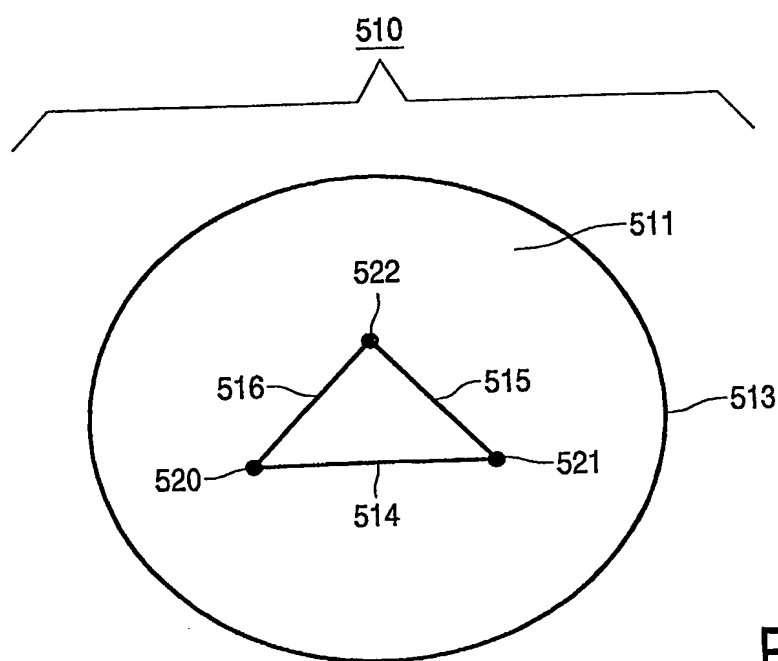


FIG. 3

4/8

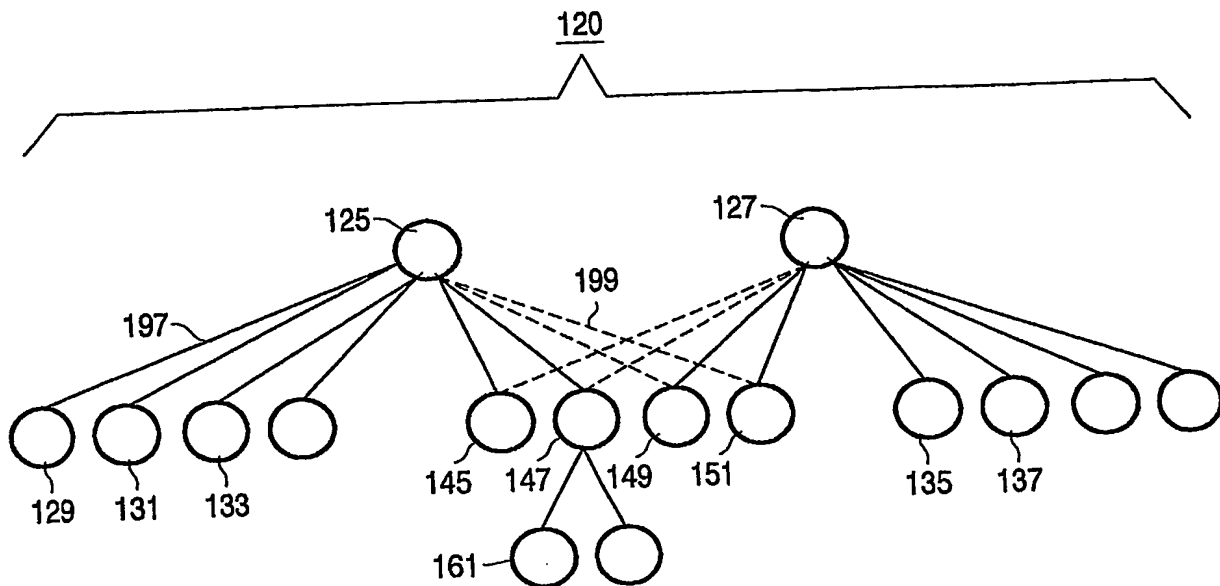


FIG. 6

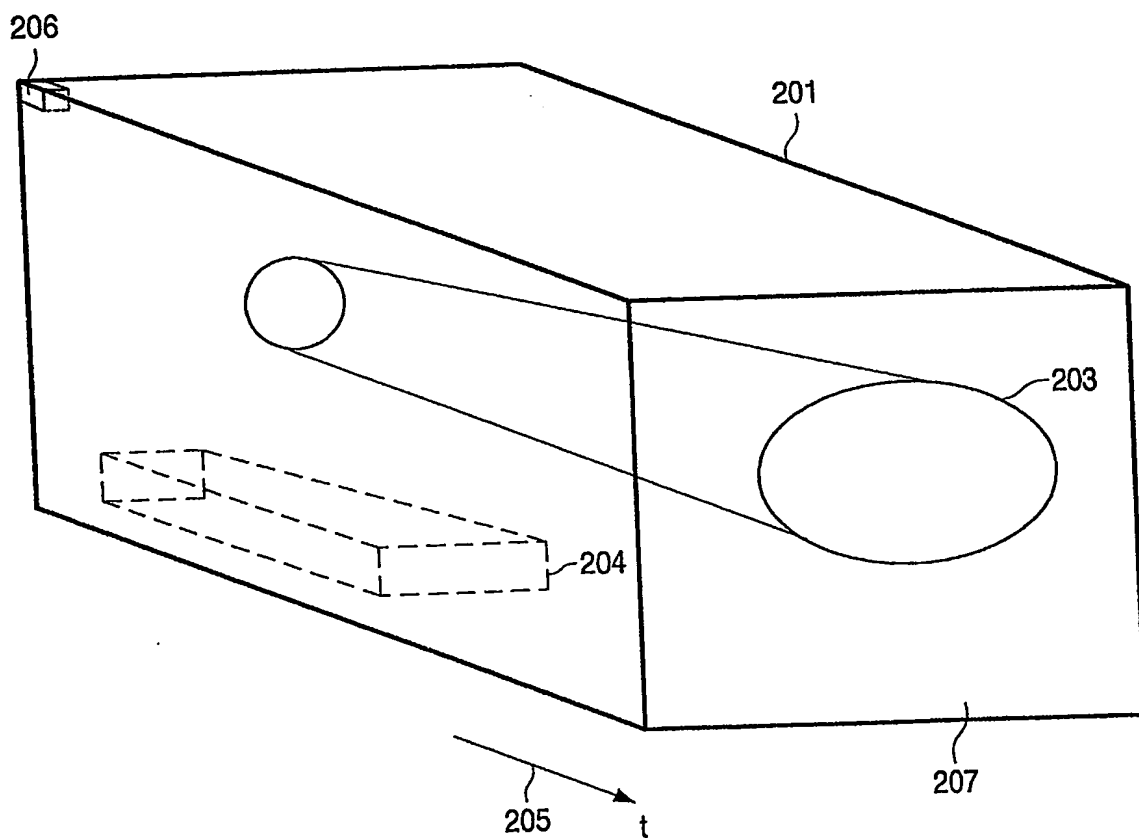


FIG. 7

5/8

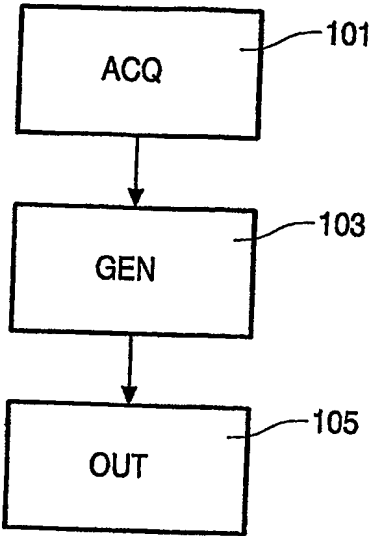


FIG. 8

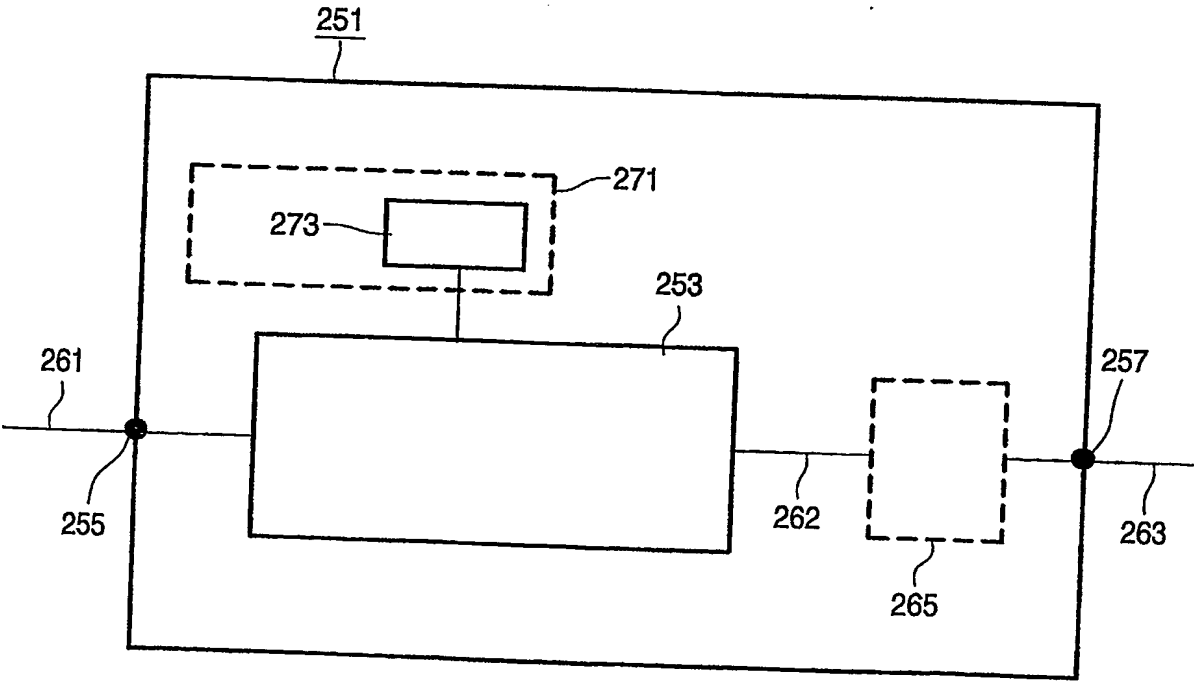


FIG. 10

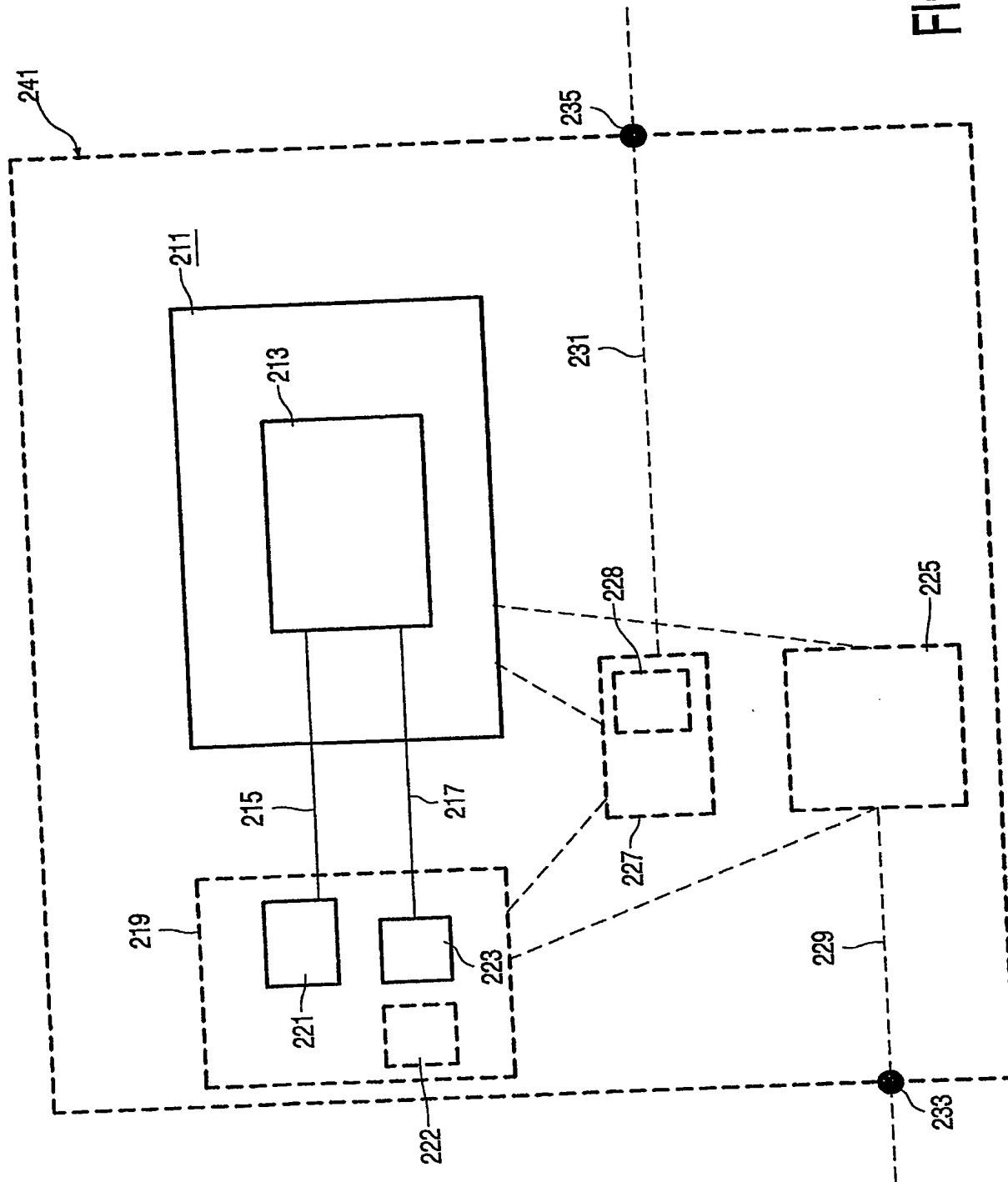


FIG. 9

7/8

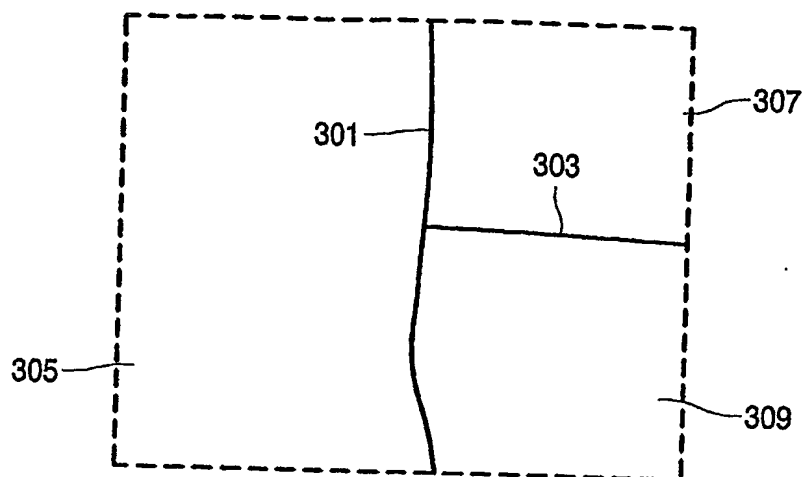


FIG. 11

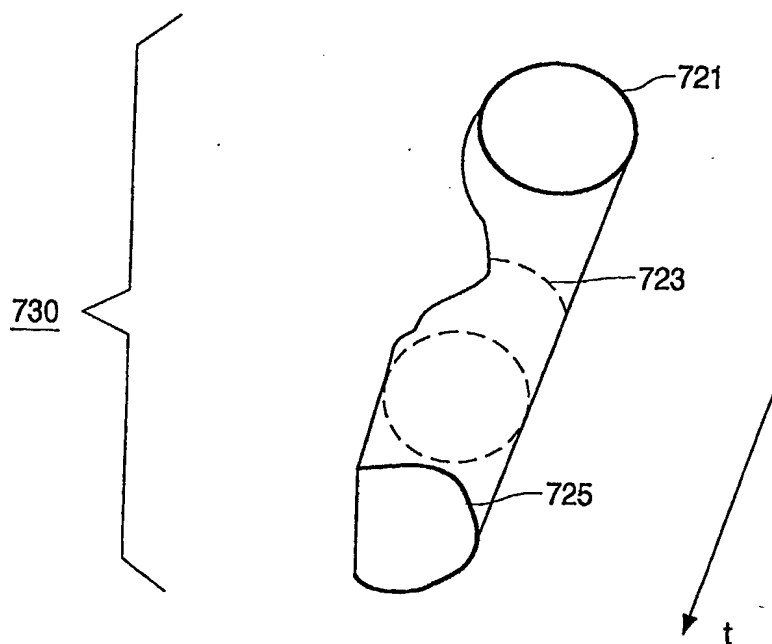


FIG. 13

8/8

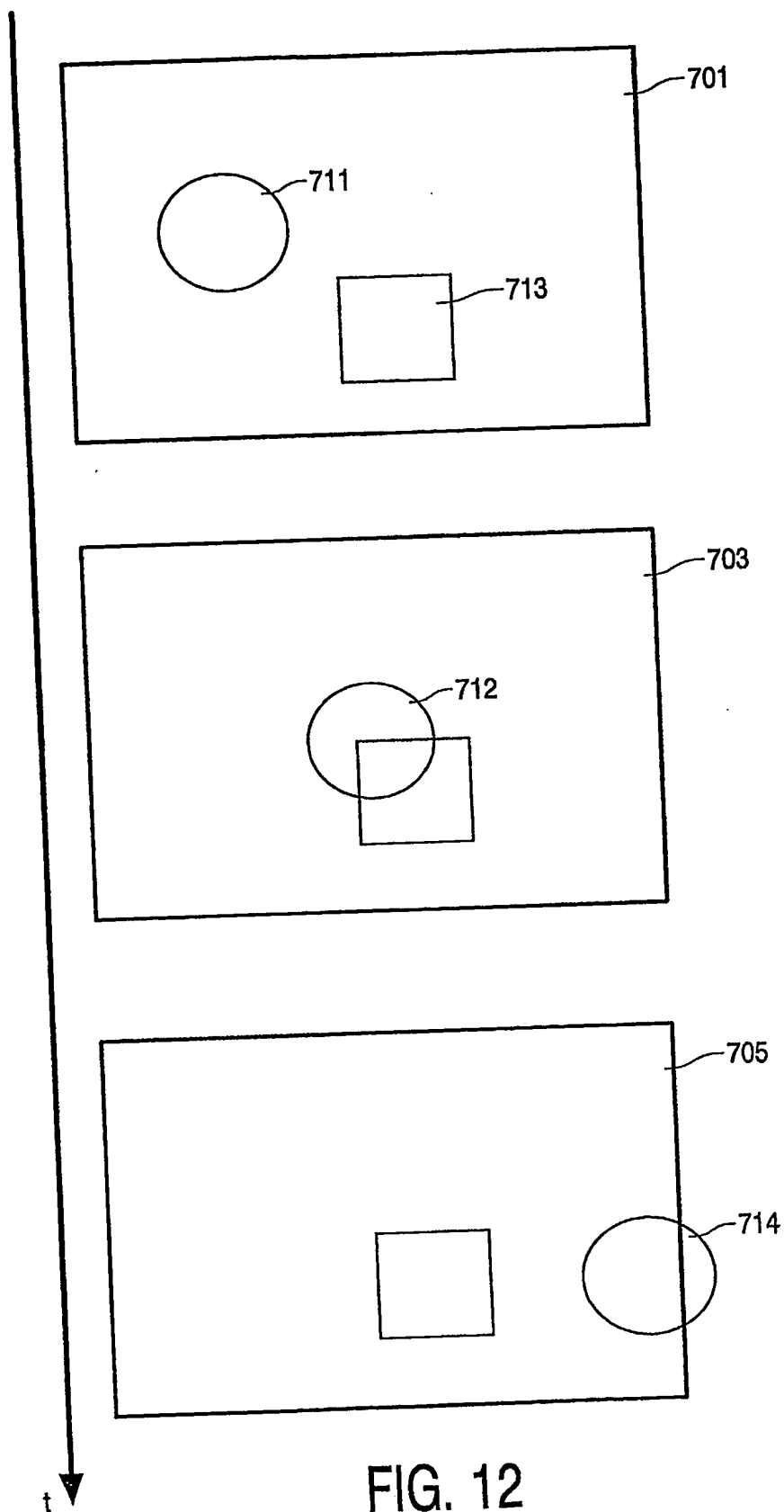


FIG. 12